

## スギ集成材ボルト接合部の破壊メカニズムについて

（株）名村造船所 正員 ○佐久間 太亮 福岡大学 学生員 佐藤 敬典  
 福岡大学 正員 渡辺 浩 京都大学生存圏研究所 森 拓郎 小松 幸平

### 1. はじめに

別報<sup>1)</sup>では、スギ集成材と添え板鋼板による単位ボルト接合部のせん断破壊試験により、接合部の降伏耐力や破壊挙動、ボルトが曲がりながらめり込むことで粘り強い挙動を示すこと等がわかった。しかしながら、繰り返し荷重が載荷された場合の破壊挙動はこれらとは全く異なる結果となると考えられる。そこで本報告では、せん断破壊試験と同じ試験体に対して繰り返し載荷試験を行い、接合部の挙動と破壊状況について検討する。



写真-1 載荷装置

### 2. 試験の概要

別報<sup>1)</sup>と同様に写真-1に示すインストロン型 1000kN 万能試験機を使用して、繰り返し荷重を与える。試験体も同様でスギの集成材を使用し、寸法は長さが 241mm、厚さが 145mm、幅はボルト長に合わせている。各モデルの諸元を表-1に示す。ラミナ等級は L70 でノーフィンガーのものを使用した。また、ボルト孔はラミナをまたがないようにあけた。荷重は表-1に示す降伏耐力の 0~90%を荷重制御により 2.0Hz で増減させ、ボルトが破断するか載荷回数が 50 万回に達するまで行った。

表-1 各モデルの諸元

試験体	A	B	C	D
ボルト径 d(mm)	16			
ボルト径長比 L/d	10	8	6	4
ボルト長さ L(mm)	160	128	96	64
接合形式係数 C	0.6	0.7	0.9	1.0
接合部の降伏耐力(kN)	28.2			19.9

### 3. 結果と検討

#### 3.1 破断に至るまでの挙動

各試験体の試験結果を表-2に示す。試験体 A, B, C では本試験で与えた荷重が降伏耐力以下であるにもかかわらずボルトが破断することが確認された。破断までの載荷回数は試験体 B, C では小さく A では大きかった。D は 50 万回を与えても破断しなかった。また A を除く B, C, D では破断する載荷回数はほぼ同じであった。このことから、接合部の繰り返し挙動はボルトの径長比に関係していることがわかる。

変位と載荷回数の関係を図-1に示す。このうち B-4 では初期に急増した変位が 22 万回まで 2.5mm 程度で落ち着いていたがその後再び急増している。ボルトが破断した試験体では回数の違いはあるもののほぼ同様の挙動を示していた。

図-2は B-4 の荷重と変位の関係を示す。5 万回では塑性変形が 1.6mm、弾性変形が 1.0mm であったが、破

表-2 試験結果

試験体	載荷回数 (万回)	変位 (mm)
A	A-4	15.9
	A-5	41.3
B	B-4	23.7
	B-5	31.0
	B-6	29.0
C	C-4	15.4
	C-5	18.8
D	D-4	破壊に至らず
	D-5	破壊に至らず

キーワード 木橋, 大規模木質構造物, ボルト接合, スギ, 集成材, 繰り返し載荷

連絡先 814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1 福岡大学工学部社会デザイン工学科 092-871-6631

断直前の 23 万回では塑性変形が 2.3mm と大きく、弾性変形は 0.6mm と小さくなっていることがわかる。

破断したボルトとボルト孔の断面の一例を写真-2 に示す。ボルト孔は両端部で広がっており黒色に変色していた。以上のような挙動を示す理由は、ボルトが木材にめり込み曲げ降伏しており、その状況が繰り返されることでボルトが疲労破壊したものと考えられる。

一方、試験体 D に関しては 50 万回载荷しても破壊に至らなかった。また、その時点でのボルト孔の径は両端部と中央部でほとんど差が見られなかった。このことからボルトに曲げ応力はほとんど作用しなかったと考えられる。

### 3.2 破断のメカニズム

以上の結果より、ボルトが破断に至るメカニズムは以下の通りと考えられる。

- ・ 繰り返し载荷初期段階ではボルト孔とボルトの径差によりボルトに微小な曲がりが生じた
- ・ 木材の両端部とボルトが接触してめり込みが始まった
- ・ めり込んだ部分に分布荷重が作用し、曲げ変形とボルト中央部に曲げモーメントが生じて曲げ変形し始めた
- ・ めりこみの範囲が中央部に広がることで曲げ変形と曲げモーメントが徐々に大きくなった
- ・ 曲げによりボルトが疲労破断に至った

ここでボルトが長ければ曲げ変形に対する曲げ応力は大きくなり、一方でボルトが短ければ曲げ応力自体が大きくなり、これらのことから、ボルトが比較的長い A と短い D では破断時の载荷回数は大きく、ボルトの長さがある B, C では破断回数は小さくなったものと考えられる。

### 4.まとめ

今回の試験で得られた結果を列挙すると以下のようになる。

- ・ 接合部の降伏耐力以下の荷重でも繰り返し荷重がかかると接合部が破壊することが確認できた。これは繰り返し荷重が作用する木質構造物の設計において注意が必要であることを示している。
- ・ ボルトが破断するメカニズムはボルトに曲げ応力が作用し、ボルト孔の両端部で木材に対するボルトのめり込みが生じて、やがて破断に至ることがわかった。
- ・ 接合部の破壊状況はボルトの径長比に関係することが確認できた。

今後は、荷重の大きさを変えた実験も含めて試験対数を増やすことでこれらの挙動を検証する予定である。

### 参考文献

1) 佐藤 敬典, 佐久間 太亮, 渡辺 浩, 森 拓郎, 小松 幸平: スギ集成材と添え板鋼板による単位ボルト接合のせん断破壊試験, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, 2009.

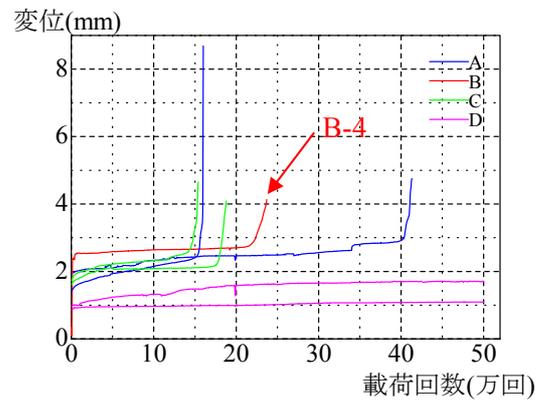


図-1 B-4 の変位载荷曲線

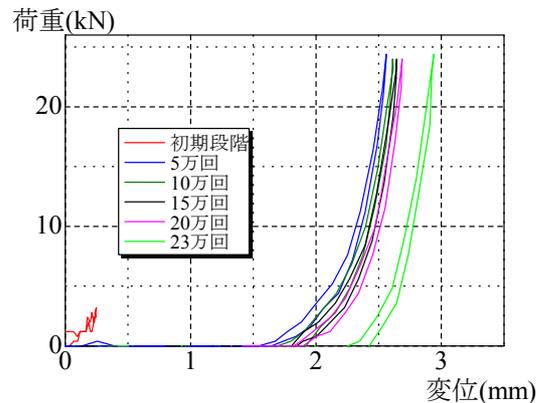


図-2 B-4 の荷重変位曲線



写真-2 破断したボルトとめり込みが生じた木材